

CONTRIBUIÇÕES AO CONHECIMENTO DA HIDROLOGIA SUBTERRÂNEA DO MUNICÍPIO DE SOROCABA (SP)

SUELI YOSHINAGA*	MARA AKIE IRITANI*
GERALDO HIDEO ODA*	OSVALDO MASSAO OTSUBO**
RICARDO CÉSAR AOKI HIRATA*	REIVALDO JOSÉ DE GUZZI*
SILVANA APARECIDA PERES DE CASTRO*	THULLA CHRISTINA ESTEVES*
SEIJU HASSUDA*	

* Seção de Hidrogeologia do Instituto Geológico-SMA, São Paulo, CxP. 8772, CEP 04301, Brasil.

** Serviço Autônomo de Águas e Esgotos (SAAE) do Município de Sorocaba, Brasil.

RESUMO

A crescente urbanização e industrialização do Município de Sorocaba (SP) vem causando um aumento na demanda de água para o abastecimento público. A limitação na oferta do recurso superficial faz com que os órgãos públicos e as indústrias voltem-se às águas subterrâneas, tendo em vista também o seu menor custo.

Entretanto, o aproveitamento do manancial subterrâneo deve ser realizado de maneira racional, a fim de evitar a superexploração, interferências danosas entre poços próximos e a poluição dos aquíferos.

Conscientes destes problemas, o INSTITUTO GEOLÓGICO, órgão da Secretaria do Meio Ambiente, empenhou-se numa caracterização hidrogeológica do Município.

Com base em um levantamento de dados junto às empresas de perfuração e órgãos do poder público, o que permitiu reunir informações de 247 poços tubulares, foi possível analisar o comportamento hidrodinâmico (incluindo um mapa da superfície potenciométrica, análise de feições geomorfológicas como condicionante da produtividade dos poços), o comportamento hidrogeoquímico (incluindo a análise da aptidão a diversos usos das águas, potencial de incrustação-corrosão) e ainda realizar uma avaliação da exploração e uso dos aquíferos, bem como as características construtivas dos poços.

Através das feições físicas de subsuperfície foi possível também determinar a vulnerabilidade natural do aquífero. Tal representação em mapa, com a delimitação de áreas mais e menos susceptíveis a um evento poluidor, torna-se um instrumento poderoso no planejamento da ocupação urbana, uma vez que permite organizar a geografia das atividades potencialmente geradoras de carga contaminante, frente a este parâmetro.

PALAVRAS CHAVES

água subterrânea; Aquífero Tubarão; Aquífero Cristalino; vulnerabilidade; qualidade das águas; município de Sorocaba (1:50.000); uso e consumo de água subterrânea; gestão de aquíferos.

INTRODUÇÃO

A crescente urbanização e industrialização do Município de Sorocaba (SP) vem causando um aumento na demanda de água para o abastecimento público. A limitação na oferta do recurso superficial faz com que os órgãos públicos e as indústrias de engarrafamento voltem-se às águas subterrâneas, tendo em vista também o seu menor custo. Entretanto, problemas decorrentes da ocupação humana e uso indiscriminado do manancial subterrâneo têm causado problemas, como a super-exploração, interferências danosas entre poços próximos e a poluição dos aquíferos.

Conscientes destes problemas, o INSTITUTO GEOLÓGICO, órgão da SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, empenhou-se numa caracterização hidrogeológica do Município, abordando os seguintes pontos, que são apresentados de forma sucinta neste trabalho: a caracterização hidrodinâmica e hidroquímica dos aquíferos, incluindo um mapa hidrogeológico, mapa de vulnerabilidade dos aquíferos, perfil do usuário do recurso e tipos construtivos das obras de captação.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Sorocaba, importante cidade industrial do Estado de São Paulo, possui aproximadamente 500.000 habitantes e está situada no vale médio do rio Tietê, à 100 km a noroeste de São Paulo. Localizada entre as coordenadas 23° 15' e 23° 45' de latitude sul e 47° 15' e 47° 35' de longitude oeste de Greenwich, ocupa uma área total de 456 km², compreendendo a região de transição entre a Depressão Periférica (zona do médio Tietê) e o Planalto Atlântico (zona da Serrania de São Roque e limite ocidental do Planalto de Ibiúna).

Geologicamente, grande parte da área do município de Sorocaba é coberta por sedimentos do Subgrupo Itararé que ocupam, aproximadamente, 2/3 da sua porção noroeste. Foram distinguidas três unidades individualizadas em função da predominância litológica em uma determinada área ou local, a saber: domínios de arenitos, de lamitos e de ritmitos. No restante da área, afloram as rochas do Embasamento Cristalino, constituídas por metassedimentos (metarenitos, metarritmitos, metaconglomerados e quartzitos) do Grupo São Roque e, por rochas granitoides intrusivas pós-tectônicas representadas pelos Maciço Sorocaba e São Francisco. (Figura 1)

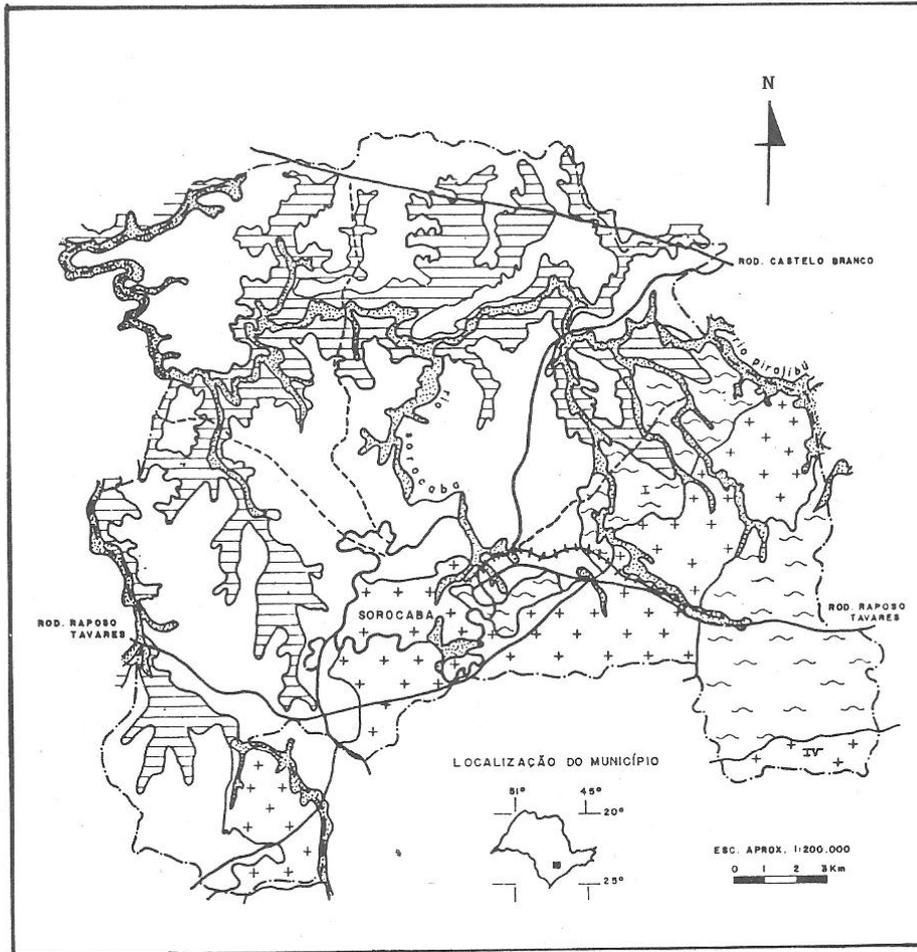
HIDRODINÂMICA DE SUBSUPERFÍCIE

No município de Sorocaba, as águas subterrâneas estão conformadas regionalmente, em dois aquíferos: Aquífero Cristalino e Tubarão. Em cada um deles, a dinâmica das águas subterrâneas, armazenamento e circulação, tem ocorrência específica, concordante com a litologia que os suportam. Desta forma é possível distingui-los segundo sua porosidade predominante: no caso do Aquífero Cristalino é do tipo fissural e no outro, do tipo granular.

O domínio da rocha cristalina compreende aproximadamente 147 km² no município de Sorocaba, correspondendo a 32,2% dos vários tipos litológicos aflorantes na área. Neste domínio foram cadastrados 117 poços tubulares dos quais 66 apresentaram dados adequados a uma análise de características hidrodinâmicas.

Os poços que exploram este aquífero apresentam valores médios e da mediana, de 0,481 m³/h/m e 0,266 m³/h/m, respectivamente. Ainda foi estabelecida uma correlação entre valores de produtividade dos poços em relação à profundidade, onde observou-se que os intervalos de perfuração de até 100 m apresentaram melhores valores de capacidade específica por metro perfurado, média igual a 0,012 m³/h/m.

Observou-se pela associação da distribuição de frequência da quantidade de entradas de água por profundidade do poço, que ocorre uma densidade maior de



- LEGENDA
-  Aluvião
 -  Lamitos
 -  Arenitos
 -  Granito
 -  Metassedimentos
- } - Grupo Tubarão/Subgrupo Itararé
- Grupo São Roque

FIGURA 1 - Esboço Geológico do Município de Sorocaba
(modif. IG, 1990).

entradas de água no intervalo de 0 a 40 m (54%) e, secundariamente, no intervalo de 40 a 110 m (26,8%). A predominância das entradas de água nos primeiros 40 m pode ser atribuída à espessura do manto de alteração das rochas cristalinas.

As rochas sedimentares do Grupo Tubarão afloram por uma extensão de aproximadamente 309 km² no município de Sorocaba, correspondendo a 67,8% da área total. Nesta área foram cadastrados 42 poços tubulares dos quais apenas 20 poços apresentaram dados adequados para análise de características hidrodinâmicas.

Os poços selecionados neste estudo possuem valores de capacidade específica média e mediana de 0,14 m³/h/m e 0,0595 m³/h/m, respectivamente. Na correlação entre valores de produtividade dos poços e a profundidade das obras, observou-se que o intervalo de perfuração menor que 100 m, apresenta valor médio de capacidade específica/profundidade do poço, pelo menos, dez vezes maior que os intervalos de 100 a 150 m e maior que 150 m.

Foram cadastrados 115 poços tubulares que exploram os Aquíferos Tubarão e Cristalino, conjuntamente, dos quais 51 poços apresentaram dados adequados para a análise das características hidrodinâmicas.

Os valores de capacidade específica nestes poços apresentaram valores médios e mediana de 0,320 m³/h/m e 0,093 m³/h/m, portanto, intermediários aos do Aquífero Tubarão e Cristalino. A análise da relação de produtividade por metro perfurado indicou melhor valor de capacidade específica por metro perfurado no intervalo de profundidade menor que 100 m, sendo o valor calculado 0,0074 m³/h/m. Já no intervalo de 100 a 150 m, o valor de capacidade específica reduziu-se em três vezes, apresentando o valor de 0,0027 m³/h/m.

No gráfico de distribuição de frequência de entradas de água por profundidade, constatou-se que existem entradas de água na porção cristalina até 190 m. As entradas de água até a profundidade de 110 m são atribuídas ao aquífero sedimentar, sendo que, na porção pertencente a espessura saturada, variam de zero a 90 m.

Assim, da descrição acima, pode-se concluir que a profundidade ótima para perfuração nos Aquíferos Cristalino, Tubarão e Misto, é de 100 m; uma vez que em maiores profundidades a probabilidade de melhora de vazão é muito pequena.

Ainda a análise das feições litológicas, estruturais e geomorfológicas associadas aos parâmetros hidráulicos dos poços visaram um maior conhecimento dos condicionantes que podem influenciar ou não na maior produtividade destas obras de captação. Os resultados deste estudo objetivaram o fornecimento de critérios para locação de poços em áreas de melhores características hidrogeológicas no município de Sorocaba.

A relação entre a litologia aflorante e a capacidade específica (Q/s) dos poços tubulares profundos demonstra que no Aquífero Tubarão, o arenito possui maior capacidade específica média (0,35 m³/h/m), seguido do lamito (0,29 m³/h/m). No Aquífero Cristalino, o granito é detentor da maior capacidade específica média, com o valor de 0,30 m³/h/m; já o metarenito possui valor 0,22 m³/h/m.

Para a investigação da capacidade específica dos poços em relação à geomorfologia, foram consideradas as feições topo de morro, vertente (ou encosta de morro) e vale, caracterizados nos mapas topográficos 1:50.000, que compõem o município.

No Aquífero Tubarão, a feição vale é a que apresenta maior capacidade específica média (0,22 m³/h/m), seguido da feição vertente (0,18 m³/h/m) e topo de morro (0,05 m³/h/m). No Aquífero Cristalino, o valor de capacidade específica das três feições encontram-se ao redor de 0,35 m³/h/m. Em poços que exploram os dois aquíferos, a capacidade específica média possui valor maior na feição vale (0,5 m³/h/m), intermediário na vertente (0,32 m³/h/m) e

menor no topo da morro (0,17 m³/h/m).

Nos Aquíferos Tubarão e Misto os maiores valores de capacidade específica média encontram-se nas feições vales, seguidos das vertentes e morros. Nestes aquíferos esta maior produtividade nos vales é esperada, porque grande porção deles comportam-se como aquíferos livres, onde existe circulação rápida e direção de fluxo do topo para o vale.

Na análise da influência dos "lineamentos de drenagem" na produtividade, os poços foram subdivididos de acordo com sua posição nesta feição fotogeológica.

No Aquífero Tubarão, não foram observados controles dos "lineamentos de drenagem" na capacidade específica dos poços. No entanto, a influência destas feições é marcante no Aquífero Cristalino, em que a média da capacidade específica e mediana nos poços (0,55 e 0,39 m³/h/m, respectivamente) são maiores que em obras locadas fora destes lineamentos (0,20 e 0,17 m³/h/m).

Todas as comparações feitas nas feições litológicas, estruturais e geomorfológicas devem ser avaliadas com critérios porque o desvio padrão calculado para todos eles apresentaram dispersão elevada.

O fluxo da água subterrânea tem direção geral NW e caminha em direção ao rio Sorocaba, área de descarga destas águas no município.

HIDROQUÍMICA

A avaliação hidroquímica das águas subterrâneas consistiu na interpretação das análises químicas já existentes. Com base nessas informações, nos trabalhos desenvolvidos pelo DAEE (1982) e no projeto do Instituto Geológico da folha topográfica de Salto de Pirapora, algumas considerações foram feitas a respeito do comportamento geoquímico destas águas.

No total foram levantadas 58 análises, distinguindo-se 11 análises de águas de poços locados no Aquífero Tubarão, 26 no Aquífero Cristalino e 21 análises de poços que exploram conjuntamente estes dois aquíferos.

Caracterização da Composição Química das Águas Subterrâneas

Em geral, as águas são pouco mineralizadas, mostrando valores de STD entre 47,1 a 245,7 mg/l e média de 110 mg/l, independentemente do tipo de aquífero.

Com relação ao pH, as águas do Aquífero Tubarão (7,6) apresentam comportamento menos ácido que o Cristalino (6,6). O CO₂ livre, proveniente da decomposição da matéria orgânica encontra-se com valores médios de 11,4 mg/l para o Aquífero Tubarão, 23,9 mg/l para águas de poços mistos e 34,4 mg/l para o Aquífero Cristalino.

O ânion predominante nas águas subterrâneas locais é o bicarbonato, que varia de 13 mg/l a 344 mg/l, seguido do cloreto, com concentrações bem menores.

O elemento flúor, geralmente em baixas concentrações, é encontrado em excesso em 10 poços do Aquífero Cristalino e 4 em poços mistos.

Com relação a dureza das águas, de acordo com a classificação de DURFOR e BECKER (Hem, 1985), estas são definidas como predominantemente moles a moderadamente duras e, em menor expressão, duras.

De acordo com a classificação de Piper, as águas do Aquífero Tubarão são bicarbonatadas cálcicas ou mistas, e, as águas dos poços que exploram ambos os aquíferos, bicarbonatadas cálcicas, sódicas e cálcio-sódicas. Estes resultados reforçam as observações realizadas pelo IG (1990), que classificam as águas do Aquífero Tubarão e poços mistos da região como predominantemente bicarbonatadas, variando de cálcicas a sódicas.

A baixa mineralização das rochas e os valores sempre negativos dos índices de troca de bases, indicam águas de circulação rápida e recente.

Qualidade das Águas

Potencial de incrustação e corrosão: as análises pertencentes aos Aquíferos Cristalino e aos poços que exploram ambos os aquíferos se mostraram potencialmente corrosivas, enquanto que no Aquífero Tubarão as águas apresentaram-se pouco corrosivas.

Consumo humano: em geral, as águas são de boa qualidade apresentando parâmetros abaixo dos limites permissíveis. No entanto, em alguns poços, foram encontrados excessos de ferro e flúor.

Uso na agricultura e pecuária: para o processamento industrial, principalmente de produtos alimentícios, as águas são, de maneira geral, de boa qualidade, com exceção dos poços com excesso de flúor e ferro. As águas para fins de refrigeração e uso nas caldeiras devem ser usadas com critérios, devido ao seu caráter corrosivo.

ASPECTOS CONSTRUTIVOS DOS POÇOS

A análise das características construtivas teve como finalidade delinear o perfil das obras de captação de água subterrânea, no sentido de estabelecer padrões que foram utilizados sistematicamente no Município de Sorocaba.

O número total de poços usados para análise foi de 295, sendo que cerca de 50% foram perfurados pelo SAAE de Sorocaba, 40% pela T. Janer e o restante por outras companhias.

A análise do número de poços em função da profundidade indicou o intervalo de 120 a 160 m de maior frequência, seguido de 80 a 120 m. A profundidade ótima de um poço em relação à produtividade indicou o valor de 100 m, independentemente da litologia atravessada.

O diâmetro de "tubo de boca" encontrados com maior frequência foi de 10", seguido pelo de 6" e os restantes distribuídos entre 8", 12", 14" e 16".

De acordo com os dados disponíveis até o presente momento, os poços mais antigos do município foram perfurados em 1953, com possibilidade de existência de obras anteriores. O número permaneceu quase constante até 1973, e a partir do ano seguinte o ritmo das perfurações sofreu um incremento maior, decaindo de 1984 até hoje.

USO E CONSUMO

Uso Urbano: de acordo com o levantamento municipal realizado pelo SEADE (1987), a cidade de Sorocaba é totalmente abastecida por rede pública encanada, com volume médio mensal de 3.280.000 m³ /mês. Deste, 2.800.000 m³ /mês (85,4%) é produzido através de captações superficiais provenientes de mananciais de rio, açude ou represa e ribeirão. O restante 480.000 m³ /mês (14,6%) é proveniente de captações subterrâneas.

A faixa de população atendida por captações subterrâneas foi calculada em 56.000 habitantes para os anos de 1986/1987, calculando-se um consumo médio de 0,2 m³ /dia/habitante e perdas de água no sistema.

Uso Particular: através de informações obtidas em 154 poços cadastrados até 1982 no DAEE, verifica-se que 44% dos poços foram construídos visando ao atendimento do setor industrial. Poços particulares em áreas urbanas para fins domésticos somaram 11% e na zona rural 7,8%, esta última compatível com a baixa percentagem da população residente nesta zona. Aos loteamentos são atribuídos 2,6% do total, ao uso público 22,1% e 11,7% são classificados como "outros" englobando atividades variáveis: clubes, FEPASA, uso múltiplo,

PETROBRAS, SESI, hospital, zoológico, parque e sem identificação.

VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS

O mapa de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas visa definir áreas onde os aquíferos são mais ou menos susceptíveis a uma carga contaminante imposta.

Numa visão mais ampla, o conceito de vulnerabilidade natural, em interação com a carga contaminante aplicada no solo ou em subsolo, define o risco de contaminação das águas subterrâneas (FOSTER 1987; FOSTER et al 1988). De acordo com este esquema, pode-se configurar uma situação de alta vulnerabilidade, porém sem risco de poluição, pela ausência de carga poluidora significativa, ou vice-versa. A carga contaminante pode ser alterada ou controlada, o mesmo não ocorre com a vulnerabilidade natural, que é uma propriedade intrínseca do aquífero.

O mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas apresentado neste estudo, em escala 1:50.000, segue o método proposto por FOSTER & HIRATA (1988).

Estes autores propõem um roteiro básico de avaliação, em separado, da vulnerabilidade natural do aquífero e da carga contaminante. Pelas restrições deste trabalho, optou-se pela análise da vulnerabilidade dos aquíferos, excluindo-se a caracterização da carga poluente, uma vez que exigiria o levantamento e cadastramento sistemático das atividades potencialmente contaminantes. Esta cartografia de vulnerabilidade procura tirar partido de dados existentes e levantamentos hidrogeológicos disponíveis, sem que necessariamente sejam utilizados recursos e atividades adicionais. É portanto, um método que deve ser claramente diferenciado daqueles que se baseiam em investigações de campo, incluindo a perfuração de poços de monitoração e testes in-situ de caracterização de permeabilidade, os quais pertencem a um estágio mais avançado de estudo.

Os componentes da vulnerabilidade de um aquífero não são diretamente mensuráveis e, sim, determinados por meio de combinações de fatores. Dado a dificuldade da definição de tais fatores, simplificações são sugeridas, que no limite ficaria reduzido a três, a saber:

- a) o tipo de ocorrência da água subterrânea;
- b) as características dos estratos acima da zona saturada, em termos do grau de consolidação e tipo litológico;
- c) a profundidade do nível da água.

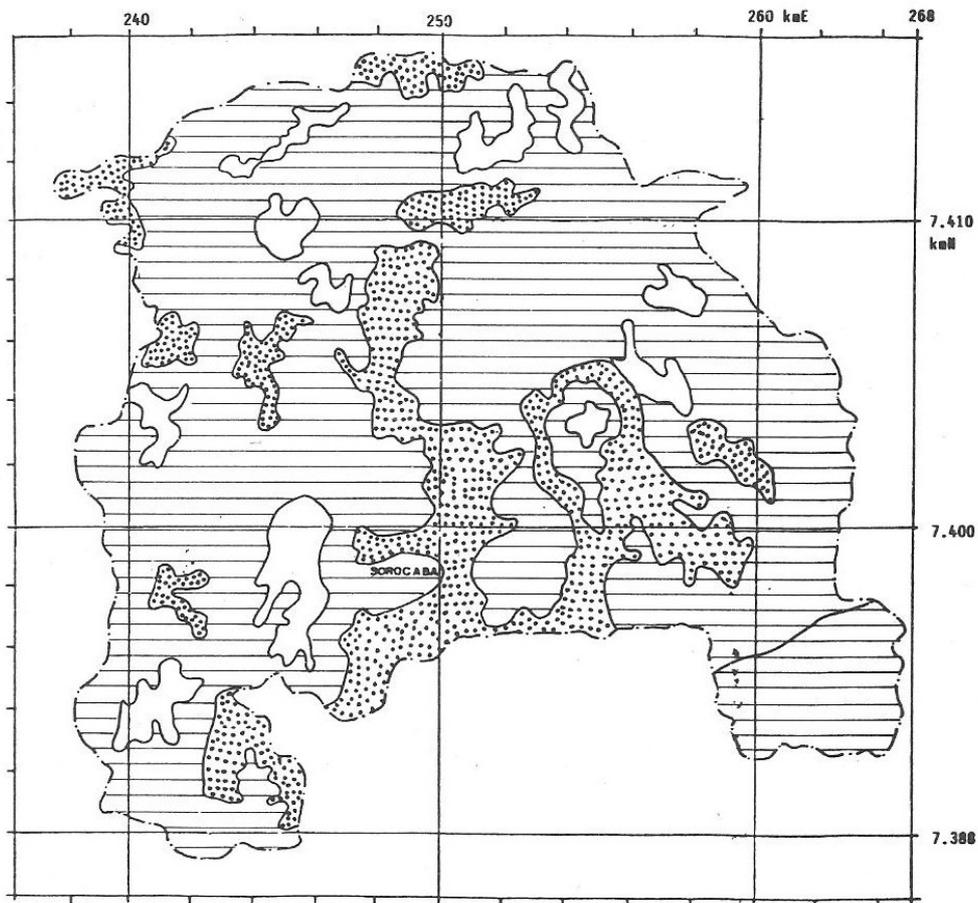
O método empírico proposto para avaliação da vulnerabilidade natural do aquífero, engloba sucessivamente estes três fatores. O índice resultante é obtido a partir da multiplicação dos três fatores.

Mapas de vulnerabilidade obtidos por meio de esquemas simplificados como esse, devem ser sempre interpretados com certa precaução, **uma vez que não existe uma vulnerabilidade universal, num cenário típico de contaminação.**

Não obstante, considera-se que um sistema de classificação e mapeamento de aquíferos com base em um só índice de vulnerabilidade pode ser útil ao nível de reconhecimento.

A aplicação dos índices componentes das características do meio, sugeridos pelo método, permitiu distinguir 17 subáreas no Município de Sorocaba, que agrupadas pelos valores de vulnerabilidade possibilitou a classificação e cartografia de 3 zonas: baixo(0,2-0,3), moderado-baixo(0,3-0,4) e moderado(0,4-0,5). Os fatores componentes que originaram tais índices encontram-se representados no mapa de vulnerabilidade (Figura 2).

As áreas que apresentaram maiores índices de vulnerabilidade (moderado), ou



ESCALA
0 1 2 3 4 km



ÍNDICES

-  moderado
-  moderado-baixo
-  baixo

FIGURA 2 - Mapa Simplificado de Vulnerabilidade Natural de Aquíferos do Município de Sorocaba (modif. IG, 1990)

seja, aquelas mais susceptíveis à contaminação, foram definidas em locais de ocorrência do Embasamento Cristalino (maciço granítico de Sorocaba e metassedimentos do Grupo São Roque) quando os níveis de água subterrânea não excediam a 10 m de profundidade e nas áreas sedimentares com predominância arenosa do Subgrupo Tubarão, com níveis de água não superior a 5 m.

As áreas de menor vulnerabilidade se restringiram, na porção sedimentar, aos corpos "lamíticos", quando os valores de profundidade de água superavam a 10m, na região compreendida pelos granitos, quando os níveis estáticos eram maiores que 15 m, e nos metassedimentos quando ultrapassavam a 10 m.

Cartograficamente, as áreas classificadas com índice moderado-baixo ocuparam a maior parte da extensão do município, seguido por aquelas de índice moderado e ultimado pelas de baixo. As áreas relativamente mais vulneráveis restringiram-se à porção centro-sul do município, incluindo a quase totalidade do núcleo urbano de Sorocaba. Esse traçado é preocupante, do ponto de vista recursos hídricos subterrâneos, pois nesta área está concentrado um número expressivo de indústrias e de poços tubulares. As localidades indicadas como de baixa vulnerabilidade representam pequenos corpos, com área pouco superior a 4 km² ocupando a metade superior do município.

A porção sudeste do município, dada a falta de informações do nível da água subterrânea, aliada às características de extrema anisotropia do pacote geológico careceu de traçado da vulnerabilidade da área.

CONCLUSÕES

O estudo empreendido no município de Sorocaba, objetivou, fundamentalmente, uma avaliação dos recursos hídricos subterrâneos, em função da análise hidrogeológica e hidroquímica dos aquíferos, bem como, os aspectos construtivos dos poços tubulares profundos dessa região. As informações existentes permitiram a caracterização da vulnerabilidade natural e, também, uma estimativa real com relação à reserva e consumo das águas subterrâneas nessa área.

Assim, o Aquífero Cristalino apresentou melhor produtividade (Q/s médio de 0,48 m³/h/m) do que o Aquífero Tubarão (Q/s médio de 0,14 m³/h/m). Os estudos das características litológicas, geomorfológicas e de "lineamentos de drenagem", indicaram que a maior produtividade no Aquífero Tubarão ocorre na litologia aflorante arenito e feições vales. No Aquífero Cristalino, a maior produtividade se encontra nos "granitos" e nos "lineamentos de drenagem". Em poços que exploram ambos os aquíferos é evidente a influência dos "lineamentos de drenagem" e da feição vale na melhor produção dos poços.

Quanto à composição química, as águas subterrâneas apresentam baixa mineralização e podem ser classificadas como bicarbonatadas cálcicas, mistas e sódicas. De maneira geral, são de excelente qualidade para consumo humano e agro-pecuário, com restrições ao uso industrial.

Os estudos de vulnerabilidade de aquíferos definiram 3 zonas diferenciadas quanto ao grau de susceptibilidade à contaminação. A cartografia mostra que a área caracterizada como moderada-baixa ocupa 70% da área do município, seguido de moderada (20%) e baixa (10%). É preocupante o fato de que porções mais vulneráveis (moderada) abrangem as partes significantes do perímetro urbano de Sorocaba, onde está concentrado, além de maior potencial poluidor, um expressivo número de poços tubulares, elevando ainda mais, os riscos de poluição da área.

Por fim, tendo em vista a presente análise, é fundamental considerar a necessidade de criação de um programa gerencial dos recursos hídricos subterrâneos, visando operacionalizar racionalmente a exploração desordenada que ora vem sendo realizada. Assim, foi constatado que a preservação e qualidade desses recursos estratégicos, inseridos em um contexto ambiental, constituem, uma real prioridade no que se refere à adoção de medidas imediatas de conservação das águas subterrâneas.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- DEPARTAMENTO DE AGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE) (1982). Estudo de águas subterrâneas. Região administrativa 4. Sorocaba, São Paulo. DAEE. 2v.
- FOSTER, S. S. D. (1987). Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. In: Intern. Conf. "Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants". Noordwijk, 1987. Proceedings.. Noordwijk, UNESCO.
- FOSTER, S. S. D. & HIRATA, R. C. A. (1988). Evaluation del riesgo de contaminacion de las aguas subterraneas - metodo de reconocimiento basado em datos existentes. 1 ed. Lima, CEPIS-OPS. 84p.
- FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. e ROCHA, G. A. (1988). Risco de poluição de águas subterrâneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. In: Congres. Bras. de Águas Subterr. 5, São Paulo, 1988. Anais... São Paulo, ABAS, p. 175-180.
- FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE) (1987). Anuário estatístico do Estado de São Paulo, São Paulo, SEADE. 583p.
- HEM, J. D. (1985). Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. 3 ed. Washington. USGS, 264 p.
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG) (1990). Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos: ocorrência e exploração. Folha de Salto de Pirapora. SP, escala 1:50.000. São Paulo. (Relatório Final).